

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-278901

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

H02K 3/34  
H01B 3/40  
H01B 3/46  
H02K 3/30

(21)Application number : 11-222389

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 05.08.1999

(72)Inventor : AOKI KOJI  
MATSUBARA SHINICHI  
KATO MITSURU  
SATO KAZUHIDE

(30)Priority

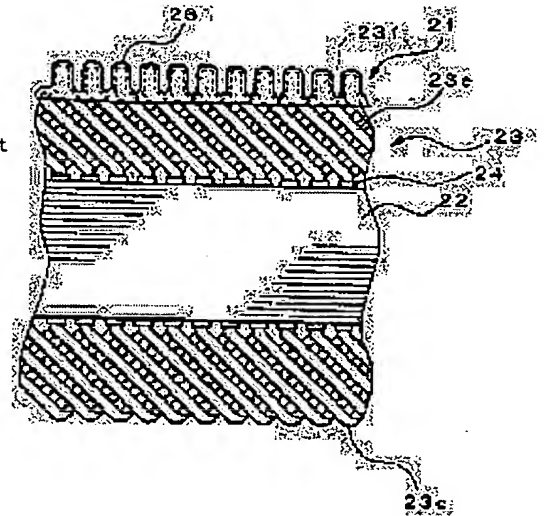
Priority number : 11009043    Priority date : 18.01.1999    Priority country : JP

(54) INSULATING STRUCTURE OF STATOR OF ELECTRIC ROTARY MACHINE AND STATOR OF AC GENERATOR FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the insulating structure of a stator of an electric rotary machine which can ensure an excellent insulating state of the bonding part of a stator, and a stator of an AC generator for a vehicle.

SOLUTION: A stator winding is formed by bonding a tip part 23f of an U-shaped conductor segment 23. The bonded part is covered with insulating resin 26 and subjected to insulating treatment. In order to ensure an excellent insulating state, the maximum value of film thickness of the insulating resin 26 is made, e.g., 0.5 mm. In this case, it is required for the insulating resin 26 that elastic modulus is at most 4.0 GPa, heat resistance temperature is at least 200° C, and viscosity is 0.1-50 Pa.s.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3112011

[Date of registration] 22.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

- (19) 【発行国】 日本国特許庁 (J P)  
 (12) 【公開種別】 公開特許公報 (A)  
 (11) 【公開番号】 特開 2000-278901 (P 2000-278901A)  
 (43) 【公開日】 平成 12 年 10 月 6 日 (2000. 10. 6)  
 (54) 【発明の名称】 回転電機の固定子の絶縁構造および車両用交流発電機の固定子  
 (51) 【国際特許分類第 7 版】

H02K 3/34

H01B 3/40

3/46

H02K 3/30

【F 1】

H02K 3/34 D

H01B 3/40 M

3/46 Z

H02K 3/30

【審査請求】 有

【請求項の数】 13

【出願形態】 OL

【全頁数】 11

(21) 【出願番号】 特願平 11-222389

(22) 【出願日】 平成 11 年 8 月 5 日 (1999. 8. 5)

(31) 【優先権主張番号】 特願平 11-9043

(32) 【優先日】 平成 11 年 11 月 18 日 (1999. 1. 18)

(33) 【優先権主張国】 日本 (J P)

(71) 【出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

(72) 【発明者】

【氏名】 市水 孝司

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(73) 【発明者】

【氏名】 松原 桓一

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72) 【発明者】

【氏名】 加藤 充

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72) 【発明者】

【氏名】 佐藤 一秀

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(74) 【代理人】

【識別番号】 000106149

【弁護士】

【氏名又は名称】 矢作 和行 (外 1 名)

(1)

【ターマコード (参考)】

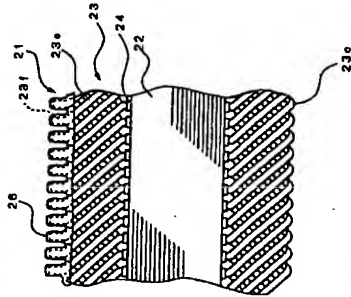
SG305

5H604

【Fターム (参考)】

SG305 AA17 AA20 AB01 AB24 AB36 BA26 CA15 CA25 CC02 CD01 CD09 CD20

5H604 DB03 DB10 DB14 CC01 CC02 CC05 DA01 DA04 DA15 DA19 DA25 DB02 DB03 PC03



(57) 【要約】

【課題】 固定子の接合部の良好な絶縁状態を確保することができ、回転電機の固定子の絶縁構造および車両用交流発電機の固定子を提供すること。

【解決手段】 U 字状の周体セグメント 23 の先端部 23 f を接合することにより、固定子巻線が形成される。この接合部が絶縁樹脂 26 によって覆われて絶縁処理が行われるが、良好な絶縁状態を確保するためには、例えばこの絶縁樹脂 26 の膜厚の最大値を 0.5 mm とした場合、絶縁樹脂 26 として、弾性率が 4.0 GPa 以下、耐熱温度が 200℃ 以上、粘度が 0.1~50 Pa・s であることが要求される。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 接合部を有する固定子巻線とその接合部を覆う絶縁樹脂を含んでおり、前記絶縁樹脂の弾性率を前記絶縁樹脂と前記接合部との界面が生じる上限値よりも小さな値に設定し、前記上限値は前記絶縁樹脂の膜厚に応じて変更されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記絶縁樹脂の膜厚は最大値がほぼ 0.5 mm に設定されており、前記固定子巻線が傾によって形成されていることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記絶縁樹脂はシリコンであり、所定量の酸化防止材を含ませることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 4】 請求項 2 において、前記絶縁樹脂はエポキシであり、所定量の線膨張係数調整剤用材料を含ませることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 5】 請求項 3 において、前記酸化防止材の含有量は、0.01%~5.0% の範囲に設定されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 6】 請求項 4 において、前記線膨張係数調整剤用材料の含有量は、0.01%~70% の範囲に設定されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 7】 複数のスロットを持つ固定子鉄心と、前記スロットに装着された複数のセグメント導体の端部を互いに接合してなる固定子巻線とを有しており、前記固定子巻線の接合部を、所定量の線膨張係数調整剤用材料が添加されたエポキシを熱硬化させて覆うことを特徴とする車両用交流発電機の固定子。

【請求項 8】 複数のスロットを持つ固定子鉄心と、前記スロットに装着された複数のセグメント導体の端部を互いに接合してなる固定子巻線とを有しており、前記セグメント導体の接合部を、所定量の線膨張係数調整剤用材料が添加されたエポキシを熱硬化させて覆うことを特徴とする車両用交流発電機の固定子。

【請求項 9】 複数のスロットを持つ固定子鉄心と、前記スロットに装着された複数のセグメント導体の端部を互いに接合してなる固定子巻線とを有しており、前記セグメント導体の接合部を、所定量の線膨張係数調整剤用材料が添加されたエポキシを熱硬化させて覆うことを特徴とする車両用交流発電機の固定子。

【請求項 10】 請求項 9 において、前記酸化防止材の含有量は、0.01%~5.0% の範囲に設定されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 11】 請求項 10 において、前記酸化防止材の含有量は、0.01%~5.0% の範囲に設定されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

【請求項 12】 請求項 11 において、前記酸化防止材の含有量は、0.01%~5.0% の範囲に設定されることを特徴とする回転電機の固定子の絶縁構造。

(2)

度以下となるように、前記絶縁樹断の弾性率、膜厚及び巻線強度係数を設定することを特徴とする車両用交流発電機の固定子。

【請求項10】前記巻線の解のセグメント導体の端部を加熱して接合することにより、その接合部の表面に酸化膜が形成されることを特徴とする請求項9記載の車両用交流発電機の固定子。

【請求項11】前記絶縁樹断と前記酸化膜間に作用する剪断応力が1.0MPa以下となるように、前記絶縁樹断の弾性率、膜厚及び巻線強度係数を設定することを特徴とする請求項9記載の車両用交流発電機の固定子。

【請求項12】前記絶縁樹断は、200℃以上の加熱処理を有することを特徴とする請求項9乃至請求項11のいずれかに記載の車両用交流発電機の固定子。

【請求項13】前記絶縁樹断は、0.1～50Pa・sの範囲の粘度を有することを特徴とする請求項9乃至請求項11のいずれかに記載の車両用交流発電機の固定子。

【請求項14】前記解のセグメント導体は、絶縁膜によって被覆され、かつ前記接合部となる端部のみ、前記絶縁膜が剥離されたものであり、前記絶縁樹断は、前記接合部に加え、前記解のセグメント導体の端部を加熱して接合する際に、その熱の影響によって劣化した絶縁膜を覆うように設けられることを特徴とする請求項9乃至13に記載の車両用交流発電機の固定子。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定子巻線の接合部表面を絶縁樹断で覆うことにより絶縁状態を確保する回転電機の固定子の絶縁構造、およびこの絶縁構造を有する車両用交流発電機の固定子に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】車両用交流発電機に用いられる固定子として、複数の導体セグメントを接合することにより形成された巻線を有するものが従来から知られている。例えば、特開昭62-272836号公報や特開昭63-274335号公報に開示された電機子コイルが知られている。これらの公報に開示された電機子コイルは、導体セグメントとしての巻線の端部を溶接して接合したものであり、そのコイルエンドを樹断で覆うことにより、巻線が支持されている。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般の車両に搭載される車両用交流発電機には、車両が道路を走行した際に泥水等がハウジング内に侵入するおそれがあるため、導体セグメントの端部を接合した後にこの接合部に対して絶縁処理を行う必要があるが、上述した公報に開示された電機子コイルでは、コイルエンドとなる巻線端部の接合部を支持用の樹断で覆っているだけであり、絶縁特性について詳しい説明がなされているわけではな

い。また、支持用に用いられる樹断は当然ながらある程度の強度が要求されるが、固い樹断で巻線の接合部を覆った場合には巻線と樹断との間に隙間が形成され、この隙間に上述した泥やその他の電解液等が侵入して絶縁不良を引き起こす可能性がある。絶縁皮膜が剥がれた接合部分を覆間なく覆ってこの部分の絶縁処理を行う手法が望まれている。

【0004】本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、固定子の接合部の良好な絶縁状態を確保することができ、固定子の接合部の絶縁構造および車両用交流発電機の固定子を提供することにある。

##### 【0005】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明の回転電機の固定子の接合部は、固定子巻線の接合部を覆う絶縁樹断の弾性率を、絶縁樹断と接合部との隙間が生じる上限値よりも小さな値に設定する。そして、その上限値は、絶縁樹断の膜厚に応じて変更される。接合部から絶縁樹断が剥離する際の剪断応力が固定子巻線の材質等によって決まっている場合に、絶縁樹断の膜厚に対応し許容される絶縁樹断の弾性率の上限値が定まることが確かめられている。したがって、この上限値よりも小さな弾性率を有する絶縁樹断を用いることにより、接合部から絶縁樹断が剥離することを防止することができる。接合部の良好な絶縁状態を確保することができる。

##### 【0006】

【0006】特に、上述した絶縁樹断の膜厚の最大値をほぼ0.5mmに設定するとともに、固定子巻線を糊によって形成することが好ましい。回転電機として車両用交流発電機等を考えた場合に、接合部の隙間がほぼ0.5mmに設定される場合が多く、しかも固定子巻線には糊が用いられることが多いためである。これらを限定することにより、接合部から絶縁樹断が剥離する際の剪断応力の具体的な値が定まって、絶縁樹断の膜厚に応じた絶縁樹断の許容される弾性率の具体的な上限値が特定できる。したがって、この上限値よりも小さな弾性率を

(3)

有する樹断材料の中から絶縁材料を採ることができ、材料選定が容易となる。

【0007】また、上述した絶縁樹断としてシリコンを用い、所定厚の酸化防止材を含ませることにより、冷却熱サイクルが加わった場合でも劣化が少なくなり、回転電機の固定子の使用に適した絶縁樹断とすることができ

る。

【0008】また、上述した絶縁樹断としてエポキシを用い、所定厚の銅線強度調整用材料を含ませることにより、絶縁樹断と接合部間に発生する剪断応力を低減できる。接合部との間で剥離が生じない絶縁樹断とすることができ

る。

【0009】具体的には、上述した酸化防止材の含有量は、0.01%～5.0%であることが望ましい。また、上述した銅線強度調整用材料の含有量は、0.01%～70%であることが望ましい。

【0010】また、本発明の車両用交流発電機の固定子は、複数のスロットを持つ固定子鉄心と、このスロットに装備された複数のセグメント導体の端部を互いに接合してなる固定子巻線とを有しており、この固定子巻線の接合部の絶縁処理を上述した絶縁樹断によって行うことが望ましい。車両用交流発電機には、車両の走行時等において泥水等が飛散して絶縁不良等が生じやすい領域にあるが、上述した絶縁樹断は確実に固定子巻線の接合部を覆って剥離しないため、この接合部が他の部品との間で短絡することを確実に防止することができる。

##### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した一実施形態の車両用交流発電機について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0012】図1は、車両用交流発電機の全体構成を示す図である。図1に示す車両用交流発電機1は、固定子2、回転子3、フレーム4、整流器5等を含んで構成されている。固定子2の詳細については後述する。

【0013】固定子2は、固定子鉄心22と、固定子巻線を形成する複数の導体セグメント23と、固定子鉄心22と各導体セグメント23との間を電気絶縁するインシュレータ24とを備えている。

【0014】回転子3は、絶縁処理された増設を円筒状かつ同心状に巻き回した界磁巻線8を、それぞれが6個の爪部を有するポールコア7によって、シャフト6を通じて両側から挟み込んだ構造を有している。また、フロント側のポールコア7の端面には、フロント側から強い込んだ冷却風を軸方向および径方向に吹き出すために軸

流式の冷却ファン11が前後等によって取り付けられている。同様に、リヤ側のポールコア7の端面には、リヤ側から吸い込んだ冷却風を径方向に吹き出すために逆心式の冷却ファン12が前後等によって取り付けられている。

【0015】フレーム4は、固定子2および回転子3を収容しており、回転子3がシャフト6を中心に回転可能な状態で支持されているとともに、回転子3のポールコア7の外周側に所定の隙間を介して配置された固定子2が固定されている。また、フレーム4は、固定子鉄心22の軸方向端面から突出した固定子巻線に対向した部分に冷却風の吐出窓42が、軸方向端面に吸入窓41がそれぞれ設けられている。

【0016】上述した構造を有する車両用交流発電機1は、ベルト等を介してプーリー20にエンジン（図示せず）からの回転力が伝えられると回転子3が所定方向に回転する。この状態で回転子3の界磁巻線8に外部から励磁電圧を印加することにより、ポールコア7のそれぞれの爪部が励磁され、固定子巻線に3相交流電圧を発生させることができ、整流器5の出力端子からは所定の直流電流が取り出される。

【0017】次に、固定子2の詳細について説明する。図2は、固定子巻線を構成する導体セグメント23の斜視図であり、固定子鉄心22に組み付ける前の状態が示されている。図2に示すように、導体セグメント23は、棒状あるいは板状の金属材料（例えば銅）をターン部23cで折り曲げたほぼU字状に形成されており、ターン部23cよりスロットの内周側に配置される内周側導体部23aと、ターン部23cよりスロットの外周側に配置される外周側導体部23bとを含んで構成される。また、これらの内周側導体部23aと外周側導体部23bのそれぞれは、固定子2のスロット内に収容される直線部としての内周導体と、スロットの外側に露出してコイルエンド21を形成する外部導体とによって構成されている。

【0018】図3は、固定子2の部分断面的断面図である。固定子2の固定子巻線は、固定子鉄心22の各スロット25に2本の導体セグメント23を挿入し、異なるスロット25に挿入された導体セグメント23の先端部同士を互いに結接することにより構成されている。図3に示すように、この導体セグメント23の内周側導体部23aおよび外周側導体部23bのそれぞれの断面形状は、径方向よりも径方向に長い長方形を有しており、この長方形の長辺が径方向に沿って配置されている。この導体

(4)

セグメント23は、その表面に絶縁被膜が形成されており、隣接する導体セグメント23との絶縁はそれぞれの表面に形成された絶縁被膜231によって行われる。この絶縁被膜231は、例えばポリアミドイミドによって形成されることができ、また、各導体セグメント23とスロット25の内壁面との間の電気的絶縁は、インシュレータ24によって行われる。

【0019】図4は、固定子2の部分的な外観図である。この図に示すように、固定子巻線と構成する各導体セグメント23は、固定子鉄心22の軸方向側面の一方向にターン部23cが、他方にターン部23cと反対側の整列部分としての先端部231が配設されている。固定子2の一方のゴイルエンド21を構成する導体セグメント23の斜行部23eは、外周と内周とで逆方向に傾斜した交差部分であり、各内周では同一方向に傾斜している。また、各導体セグメント23の斜行部23cより先の先端部231同士の間には、例えばTIG (tungsten inert-gas) 溶接によって行われる。

【0020】この先端部231から斜行部23eの一部にかけて所定の樹脂材料を用いた絶縁樹脂26が形成されている。導体セグメント23の斜行部23eは、その一部に絶縁樹脂26がかかっているだけであり、そのほとんどに絶縁樹脂26が付着していない。したがって、各導体セグメント23の斜行部23cによって樹目状の通気路が形成されており、固定子巻線の良好な冷却性が確保されている。

【0021】ところで、各導体セグメント23の先端部231の接合部およびその近傍は、接合によって変質が生じる。例えば、TIG溶接によって先端部231の溶融部分の表面が酸化するとともに、その周辺の絶縁被膜が損傷を受ける。図5は、導体セグメント23の接合部近傍の状態を示す図である。図5に示すように、TIG溶接によって接合部を形成した場合には、接合部分である溶融部分(領域A)の表面が著しく酸化される。また、溶融部分に隣接する区域(領域B)の表面の絶縁被膜が溶接の熱によって損傷あるいは劣化する。このように表面が著しく酸化したり絶縁被膜が損傷や劣化すると、絶縁樹脂26の密着性が悪くなる傾向にある。例えば、粉体を熱硬化させて絶縁樹脂26を形成した場合には、領域Aおよび領域Bに対応する導体セグメント23の表面と絶縁樹脂26との間、あるいは導体セグメント23の表面と劣化した絶縁被膜との間の密着性が悪い。本実施形態では、図5に示すように、絶縁樹脂26の表面を絶縁領域Aと領域B、さらにはその先の絶縁被膜が劣

(5)

状に付った波形状に樹脂部材26を形成するためには、先端部231を下方に向けた状態で流動性のある絶縁樹脂26を付着させる、いわゆる流動浸漬が適している。

【0025】次に、固定子巻線の接合部に形成する絶縁樹脂26の詳細について説明する。固定子2を用いて冷熱サイクルを実施したところ、絶縁樹脂26の割れやクラックに関しては、絶縁樹脂26の弾性率と接合部周辺の酸化膜との界面に作用する応力(剪断応力)とが大きく影響していることをFEM(有限要素法)解析の結果見いだした。

【0026】図7は、導体セグメント23の材料として銅を用いた場合の絶縁樹脂26の弾性率と接合部表面の酸化膜での応力分布を解析した結果を示す図である。銅で形成された導体セグメント23の表面が酸化されていると、導体セグメント23の表面に形成された絶縁樹脂26が剥離する場合には、酸化膜が破壊され、その結果、絶縁樹脂26が導体セグメント23の表面から剥離する。したがって、酸化膜部における絶縁樹脂26から受ける剪断応力を酸化膜強度以下とすることにより、剥離を防止することができる。この酸化膜強度は1.0MPaであって、絶縁樹脂26の膜厚によって変動しない。

【0027】図7に示した解析結果によれば、絶縁樹脂26の膜厚が0.5mmの場合に、酸化膜部における絶縁樹脂26のせん断応力が1.0MPaとなるのは、弾性率がほぼ4.0GPaのときであり、これ以下の弾性率を有する絶縁樹脂26を用いれば剥離が生じないことがわかる。但し、弾性率が高い場合(1.0GPa程度)になるような場合には、冷熱サイクルが加わったときに、導体セグメント23と絶縁樹脂26の間の弾性係数が大きく異なると、これらの間に剥離が生じるため、絶縁樹脂26に弾性係数調整剤を用材料を添加して弾性係数を調整することが望ましい。

【0028】つまり、絶縁樹脂26と酸化膜間に作用する剪断応力は、主に絶縁樹脂26の弾性率、膜厚、及び絶縁樹脂26と導体セグメント23の材料との弾性係数差に依存するのである。具体的には、交流発電機の使用時の冷熱サイクルの上下限値と、絶縁樹脂26と導体セグメント23の材料との弾性係数差とによって、酸化膜と絶縁樹脂26との界面における弾性・収縮量のずれが生じるが、絶縁樹脂26がこの弾性・収縮量のずれを受け得る程度の弾性率を有していれば、酸化膜の破壊、すなわち絶縁樹脂26の剥離やクラックは発生しない。また、絶縁樹脂26の膜厚が厚くなるほど、絶縁樹脂26は酸化膜との界面において変形しにくくなり、

(6)

上記の弾性・収縮のずれの吸収性が低下する。従って、絶縁樹脂26と酸化膜間に作用する剪断応力が、酸化膜の破壊強度を超えないように、絶縁樹脂26の弾性率、膜厚、及び絶縁樹脂26と導体セグメント23の材料との弾性係数差を決定する必要がある。

【0029】なお、上述した車両交流発電機1では、導体セグメント23の接合部間の距離が約0.5mmであり、絶縁樹脂26の膜厚の最大値が接合部間の距離に等しいが、他の回転電機の固定子については適宜絶縁樹脂26の膜厚の最大値を検討する必要がある。

【0030】また、発動時に固定子巻線が200°C以上になることを考慮すると、絶縁樹脂の耐熱温度は200°C以上であることが望ましい。例えば、200°C程度の温度が加わったときに絶縁樹脂が酸化してしまう場合には酸化防止材の添加が必要になる。

【0031】加工性のみからは、絶縁樹脂26の初期粘度と溶融時の粘度が重要になる。すなわち、最近の小型化に伴って接合部間の距離は、上述した0.5mm程度と非常に狭くなっており、この間に絶縁樹脂26を挿入することを考慮すると、硬化前の絶縁樹脂26の粘度を少なくとも50Pa・s以下にする必要がある。また、良好な絶縁を要するためには、硬化後接合部間に絶縁樹脂26が所定の膜厚以上残っていないかならないため、溶融時の粘度は0.1Pa・s以上である必要がある。

【0032】図8は、各種の絶縁樹脂26を用いた場合の冷熱サイクル試験の結果を示す図である。この冷熱サイクル試験は、200°C、1時間と-40°C、1時間とを交互に1000サイクル繰り返したときの流れを計っており、この流れ電流が1mA以下のときに「異常なし」となる。なお、流れ電流は、冷熱サイクルを精たワークを食塩水に浸漬させた状態で12Vの電圧を印加して計測した。また、試験サンプルとしては、接合部間の距離が0.5mmに設定された固定子がいられ、絶縁樹脂26の膜厚の最大値が0.5mmとなっている。

【0033】図8において、「従来例1」～「従来例3」は、比較のために各種の樹脂を絶縁樹脂26の代わりに用いて冷熱サイクル試験を行った結果を示している。【0034】「従来例1」は絶縁樹脂26として可溶性エポキシ(あるいはウレタン)を用いた場合であり、弾性率が1MPaであって弾性率の条件(4GPa以下)は満たしている。しかし、酸化防止材が添加されていないため熱的に弱く、耐熱性の条件(200°C以上)を

満たしていないため炭化してしまい、1A以上の漏れ電流が流れて、否定的な試験結果が得られた。

【0035】「従来例2」は絶縁樹脂26としてシリコンを用いた場合であり、弾性率が10MPa以下であって弾性率の条件を満たしている。しかし、可燃性エポキシ樹脂の場合と同じであり、炭化防止材が添加されていないため、耐熱性の条件を満たしていないためクラックが発生して、1A以上の漏れ電流が流れて、否定的な試験結果が得られた。

【0036】「従来例3」は絶縁樹脂26としてエポキシ樹脂を用いた場合であり、弾性率が10GPaであって弾性率の条件を満たしていない。このため、割れやクラックが発生し、漏れ電流も1A以上となって、否定的な試験結果が得られた。

【0037】また、図8において、「実施例1」～「実施例4」は、耐熱サイクル試験において肯定的な試験結果が得られた具体例を示している。

【0038】「実施例1」は絶縁樹脂26としてシリコンを用いた場合であり、フィラーとして炭化防止材である酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が添加されている。

弾性率は10MPa以下であって弾性率の条件を満たしている。炭化防止材として酸化鉄を3重量%添加することにより、耐熱サイクル時の炭化が防止できた。また、この実施例1で使用された絶縁樹脂26の粘度は20Pa・sであって、0.1～50Pa・sに含まれるため、各接合部に適度に浸入し、接合部表面に保持される。【0039】「実施例2」は「実施例1」と同じように絶縁樹脂26としてシリコンを用いた場合であり、炭化防止材としての酸化鉄の他に、熱伝導性を考慮してフィラーとしてアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が10重量%添加されている。弾性率は10MPa以下であって弾性率の条件を満たしている。また、この実施例2で使用された絶縁樹脂26の粘度は25Pa・sであって、0.1～50Pa・sに含まれるため、各接合部に適度に浸入し、接合部表面に保持される。

【0040】なお、上述した実施例1および実施例2では、東芝シリコン社から販売されている品名・型番TSE326Nのシリコンを用いた。

【0041】「実施例3」は絶縁樹脂26としてエポキシ樹脂を用いた場合であり、絶縁強度調整剤用材料として炭化シリカ(SiO<sub>2</sub>)が添加されている。弾性率は約1GPaであり、弾性率の条件を満たしている。炭化シリカを52重量%添加することにより、全く添加しない場合(従来例3)に比べて弾性率が改善され、しかも

絶縁強度係数が34ppmになって、図の17ppmに近づけることができた。このとき、絶縁樹脂26と炭化炭に作用する剪断応力は約0.25MPaであり、炭化炭の破壊強度である1.0MPaよりも小さい。

【0042】また、この実施例3で使用される絶縁樹脂26の硬化前の流動時の粘度は10Pa・sであって、0.1～50Pa・sに含まれるため、各接合部に適度に浸入し、接合部表面に保持される。

【0043】「実施例4」は「実施例3」と同じように絶縁樹脂26としてエポキシ樹脂を用いた場合であり、絶縁強度調整剤用材料としての炭化シリカの他に、熱伝導性を考慮してフィラーとしてアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が10重量%添加されている。弾性率は1GPa以下であって弾性率の条件を満たしている。また、この実施例4で使用された絶縁樹脂26の粘度は12Pa・sであって、0.1～50Pa・sに含まれるため、各接合部に適度に浸入し、接合部表面に保持される。

【0044】なお、上述した実施例3および実施例4では、炭化シリカを含むエポキシ樹脂を用いた。また、固定子巻線に対するエポキシ樹脂による絶縁樹脂26の形成は、絶縁樹脂26を形成前の固定子2を温度200°Cで10分間予熱した後に、15秒間固定子巻線の接合部に樹脂塗装を行い、さらに温度220°Cで60分間放置して熱硬化させることにより行った。

【0045】このように、本実施形態の固定子は、固定子巻線の接合部の絶縁樹脂を所定の特徴を有する絶縁樹脂26を用いて行っている。この特徴としては、例えば絶縁樹脂26の炭化防止材の含有率が0.5mmの場合を考えると、(1)弾性率:4.0GPa以下、(2)耐熱温度:200°C以上、(3)粘度:0.1～50Pa・sの全てを満たす必要がある。

【0046】なお、絶縁樹脂26としてシリコンを用いた場合は、容易に炭化しやすいため、これを防止するために炭化防止材を添加する必要がある。例えば炭化炭を用いた場合の許容範囲は0.01%～5.0%となる。また、絶縁樹脂26としてエポキシ樹脂を用いた場合には、絶縁樹脂26の絶縁強度を所定の品名・型番に近づける必要がある。例えば炭化シリカの場合の許容範囲は0.01%～70%となる。

【0047】なお、シリコンは元々弾性率が小さいので、絶縁強度を調整しなくとも、炭化炭との間に過度の剪断応力が発生することがない。それに対して、エポキシ樹脂は比較的大きな弾性率を有するので、上述のよう

(7)

に絶縁強度係数を調整する物質を含有させることが好ましい。

【0048】これらの諸条件を満たす絶縁樹脂26を用いることにより、固定子巻線の接合部の良好な絶縁状態を確保することができる。

【0049】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。例えば、上述した実施形態では、車両用交流発電機1に備わった固定子2の巻線の接合部の絶縁状態を確保する場合を説明したが、車両用交流発電機以外の回転電機の固定子についても同様に本発明を適用することができる。

【0050】また、上述した実施形態では、絶縁樹脂26の炭化防止材の含有率が0.5mmの場合について説明したが、それ以外の炭化防止材を有する場合であってもよい。図7に示すように、炭化防止材が変形すれば、許容される弾性率も変わるため、使用可能な絶縁樹脂26を再検討する必要がある。例えば、炭化防止材の含有率が1.5mmの場合には、弾性率の上限値が200MPaまで下がるため、実施例3あるいは実施例4で使用する絶縁樹脂26では弾性率の条件を満たすことができない。

【0051】また、上述した実施形態では、弾性率セグメント23が解で形成されている場合について説明したが、アルミニウムによって形成されている場合も同様に本発明を適用することができる。例えば、図8に示した実施例1と実施例3の導線材料を銅からアルミに変更し、これらと組み合わされる絶縁樹脂26は同じものを用いて耐熱サイクル試験を実施したところ、良好な試験結果が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】車両用交流発電機の全体構成を示す図である。

【図2】固定子巻線を構成する弾性セグメントの横視図である。

【図3】固定子の部分的な断面図である。

【図4】固定子の部分的な外観図である。

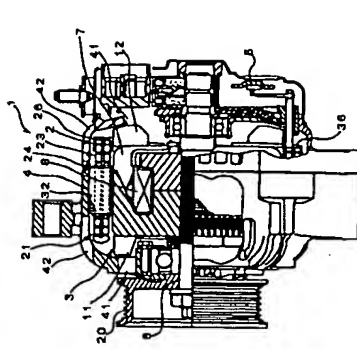
【図5】弾性セグメントの接合部近傍の状態を示す図である。

【図6】固定子の両端面のコイルエントの詳細を示す図である。

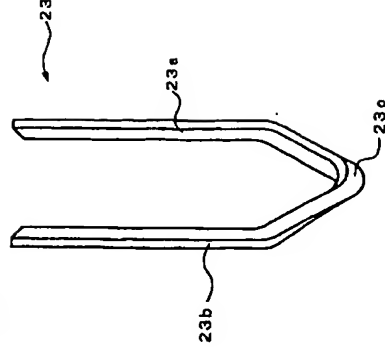
【図7】弾性セグメントの材料として銅を用いた場合の絶縁樹脂の弾性率と接合部表面の炭化炭層での応力分布を解析した結果を示す図である。

【図8】各種の絶縁樹脂を用いた場合の耐熱サイクル試験の結果を示す図である。

(8)

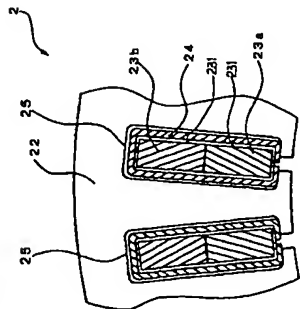


【図1】

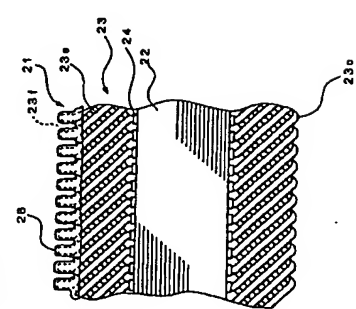


【図2】

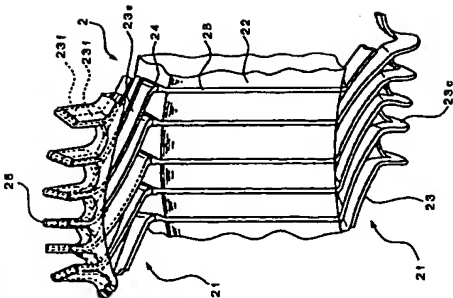
【図3】



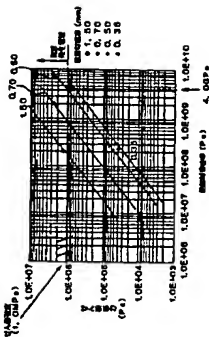
【図4】



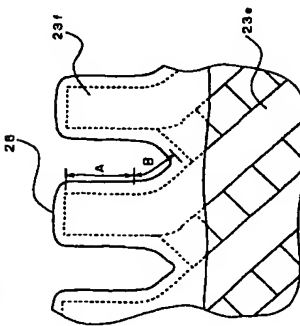
【図6】



【図7】



【図5】



【図8】

| 電圧値    | 電圧範囲 | 電圧値    | 電圧 |
|--------|------|--------|----|
| 電圧値1   | 0    | 電圧値1   | 0  |
| 電圧値2   | 1    | 電圧値2   | 1  |
| 電圧値3   | 2    | 電圧値3   | 2  |
| 電圧値4   | 3    | 電圧値4   | 3  |
| 電圧値5   | 4    | 電圧値5   | 4  |
| 電圧値6   | 5    | 電圧値6   | 5  |
| 電圧値7   | 6    | 電圧値7   | 6  |
| 電圧値8   | 7    | 電圧値8   | 7  |
| 電圧値9   | 8    | 電圧値9   | 8  |
| 電圧値10  | 9    | 電圧値10  | 9  |
| 電圧値11  | 10   | 電圧値11  | 10 |
| 電圧値12  | 11   | 電圧値12  | 11 |
| 電圧値13  | 12   | 電圧値13  | 12 |
| 電圧値14  | 13   | 電圧値14  | 13 |
| 電圧値15  | 14   | 電圧値15  | 14 |
| 電圧値16  | 15   | 電圧値16  | 15 |
| 電圧値17  | 16   | 電圧値17  | 16 |
| 電圧値18  | 17   | 電圧値18  | 17 |
| 電圧値19  | 18   | 電圧値19  | 18 |
| 電圧値20  | 19   | 電圧値20  | 19 |
| 電圧値21  | 20   | 電圧値21  | 20 |
| 電圧値22  | 21   | 電圧値22  | 21 |
| 電圧値23  | 22   | 電圧値23  | 22 |
| 電圧値24  | 23   | 電圧値24  | 23 |
| 電圧値25  | 24   | 電圧値25  | 24 |
| 電圧値26  | 25   | 電圧値26  | 25 |
| 電圧値27  | 26   | 電圧値27  | 26 |
| 電圧値28  | 27   | 電圧値28  | 27 |
| 電圧値29  | 28   | 電圧値29  | 28 |
| 電圧値30  | 29   | 電圧値30  | 29 |
| 電圧値31  | 30   | 電圧値31  | 30 |
| 電圧値32  | 31   | 電圧値32  | 31 |
| 電圧値33  | 32   | 電圧値33  | 32 |
| 電圧値34  | 33   | 電圧値34  | 33 |
| 電圧値35  | 34   | 電圧値35  | 34 |
| 電圧値36  | 35   | 電圧値36  | 35 |
| 電圧値37  | 36   | 電圧値37  | 36 |
| 電圧値38  | 37   | 電圧値38  | 37 |
| 電圧値39  | 38   | 電圧値39  | 38 |
| 電圧値40  | 39   | 電圧値40  | 39 |
| 電圧値41  | 40   | 電圧値41  | 40 |
| 電圧値42  | 41   | 電圧値42  | 41 |
| 電圧値43  | 42   | 電圧値43  | 42 |
| 電圧値44  | 43   | 電圧値44  | 43 |
| 電圧値45  | 44   | 電圧値45  | 44 |
| 電圧値46  | 45   | 電圧値46  | 45 |
| 電圧値47  | 46   | 電圧値47  | 46 |
| 電圧値48  | 47   | 電圧値48  | 47 |
| 電圧値49  | 48   | 電圧値49  | 48 |
| 電圧値50  | 49   | 電圧値50  | 49 |
| 電圧値51  | 50   | 電圧値51  | 50 |
| 電圧値52  | 51   | 電圧値52  | 51 |
| 電圧値53  | 52   | 電圧値53  | 52 |
| 電圧値54  | 53   | 電圧値54  | 53 |
| 電圧値55  | 54   | 電圧値55  | 54 |
| 電圧値56  | 55   | 電圧値56  | 55 |
| 電圧値57  | 56   | 電圧値57  | 56 |
| 電圧値58  | 57   | 電圧値58  | 57 |
| 電圧値59  | 58   | 電圧値59  | 58 |
| 電圧値60  | 59   | 電圧値60  | 59 |
| 電圧値61  | 60   | 電圧値61  | 60 |
| 電圧値62  | 61   | 電圧値62  | 61 |
| 電圧値63  | 62   | 電圧値63  | 62 |
| 電圧値64  | 63   | 電圧値64  | 63 |
| 電圧値65  | 64   | 電圧値65  | 64 |
| 電圧値66  | 65   | 電圧値66  | 65 |
| 電圧値67  | 66   | 電圧値67  | 66 |
| 電圧値68  | 67   | 電圧値68  | 67 |
| 電圧値69  | 68   | 電圧値69  | 68 |
| 電圧値70  | 69   | 電圧値70  | 69 |
| 電圧値71  | 70   | 電圧値71  | 70 |
| 電圧値72  | 71   | 電圧値72  | 71 |
| 電圧値73  | 72   | 電圧値73  | 72 |
| 電圧値74  | 73   | 電圧値74  | 73 |
| 電圧値75  | 74   | 電圧値75  | 74 |
| 電圧値76  | 75   | 電圧値76  | 75 |
| 電圧値77  | 76   | 電圧値77  | 76 |
| 電圧値78  | 77   | 電圧値78  | 77 |
| 電圧値79  | 78   | 電圧値79  | 78 |
| 電圧値80  | 79   | 電圧値80  | 79 |
| 電圧値81  | 80   | 電圧値81  | 80 |
| 電圧値82  | 81   | 電圧値82  | 81 |
| 電圧値83  | 82   | 電圧値83  | 82 |
| 電圧値84  | 83   | 電圧値84  | 83 |
| 電圧値85  | 84   | 電圧値85  | 84 |
| 電圧値86  | 85   | 電圧値86  | 85 |
| 電圧値87  | 86   | 電圧値87  | 86 |
| 電圧値88  | 87   | 電圧値88  | 87 |
| 電圧値89  | 88   | 電圧値89  | 88 |
| 電圧値90  | 89   | 電圧値90  | 89 |
| 電圧値91  | 90   | 電圧値91  | 90 |
| 電圧値92  | 91   | 電圧値92  | 91 |
| 電圧値93  | 92   | 電圧値93  | 92 |
| 電圧値94  | 93   | 電圧値94  | 93 |
| 電圧値95  | 94   | 電圧値95  | 94 |
| 電圧値96  | 95   | 電圧値96  | 95 |
| 電圧値97  | 96   | 電圧値97  | 96 |
| 電圧値98  | 97   | 電圧値98  | 97 |
| 電圧値99  | 98   | 電圧値99  | 98 |
| 電圧値100 | 99   | 電圧値100 | 99 |